

最新美容皮膚科学大系

1

美容皮膚科学の きほん

総編集 宮地良樹 京都大学名誉教授／静岡社会健康医学大学院大学学長
宮田成章 みやた形成外科・皮ふクリニック院長

Comprehensive Handbook of Aesthetic Dermatology

中山書店

このたび、美容皮膚科学の泰斗である宮田成章博士と共同で「最新美容皮膚科学大系」を刊行する運びとなりました。その最大の動機は美容皮膚科学の理論と治療機器が長足の進歩を遂げるとともに、「メスを使わない美容皮膚科診療」が主流となるトレンドのなかで、いまこそ美容皮膚科診療を「サイエンス」として真摯にとらえ、流行やテクニックだけに流されない美容皮膚科診療の裏付けとなるような普遍的な知識やスキルを体系的に網羅した完璧な教科書が必要だと痛感したからです。

エビデンスが重視されるいまの医学の時流のなかで、ともすると美容皮膚科診療は治療法が見えてしまい、患者満足度が優先されるとともに多彩な外的環境要因が介在することから創薬などの臨床研究に比較して客観的評価の手法が定着しにくい側面があることは否めません。その間隙を突く形で、質の低い技術や機器メーカーのマニュアルのみに依存した短絡的診療が横行し、自由診療であるがゆえに高額な治療費とともに美容皮膚科診療に携わる一部の臨床医の学術リテラシーのレベルが低いことなども問題点として指摘されています。

本来、美容皮膚科学は皮膚科学や形成外科学の専門医が主導すべき審美医療であり、その素養や知識のない他科医が容易に参入できる現在の状況はいわば無政府状態と言わざるをえません。たとえばしみ一つを捉えても、診断がつけられない非専門医ほど各種治療を次々に試みることで出来高払いの恩恵を受けて収益が上がる構造になっています。肝斑ではなく後天性真皮メラノシスと正確な臨床診断ができる専門医はQスイッチレーザーでたちどころに治療を完結できますが、逆に診療報酬はその施術分のみに限られます。施術後の炎症後色素沈着も、接触皮膚炎などの皮膚科疾患との峻別が極めて肝要ですし、顔面解剖学を熟知せずにフィラー注入を行えば思うような効果が得られないばかりか重篤な副作用も惹起しかねません。このように美容皮膚科診療は皮膚科学や形成外科学の高度な知識とスキルのうえにはじめて成立する専門診療なのです。日本皮膚科学会美容皮膚科・レーザー指導専門医制度が皮膚科専門医の二階建てに設定されたのもこのためです。

このような美容皮膚科診療をめぐる現況を踏まえ、かつて編集者として参画した「最新皮膚科学大系」の出版元である中山書店にその趣旨を十分ご理解いただいたうえでシリーズ発刊を依頼しました。共同編集をお願いした宮田博士は拝金主義に染まらずにニュートラルで穏当な美容皮膚科の「こころ」を大切にされる、私が最も信頼を置く美容皮膚科医の一人です。幾度となく編集会議を重ねるなかで宮田博士が今回の美容皮膚科学大系編纂の最適任者であることを改めて確信しました。2年間ほどで全5巻を完結する予定です。

が、日進月歩の美容皮膚科学の進歩をタイムリーに提供するアップデート版の刊行も視野に入れています。

本シリーズが最良の美容皮膚科診療の社会実装とその健全な発展にいささかでも寄与できれば編集者としてこれに勝る喜びはありません。それが日本の医療における美容皮膚科学のさらなる存在感とアイデンティティの醸成に最善の道だと信じるからです。

2023 年新緑

総編集を代表して 宮地良樹

京都大学名誉教授 / 静岡社会健康医学大学院大学学長

本巻は『最新美容皮膚科学大系』全5巻のうち最初に発刊される、続刊すべてに通じる基本となる巻です。

美容皮膚科学は学問としてはまだ新しい分野です。近年はいくつかの成書が刊行され、徐々に学術的になりつつありますが、その基本を広く網羅した書籍はほとんどなく、医療者がしっかりと学ぶ場がないのが現状です。それにもかかわらず、患者のニーズは急速に高まっており、そのニーズや急拡大する美容皮膚科のフィールドに応えようと、医療を提供する側はエビデンスや安全性を軽視して新しい治療を行っています。しかしながら、単に人の目を引くだけの流行りの治療を行うのではなく、美容皮膚科学の基礎知識を身につけ、通常の医療と同じように良質な治療を提供することが、長期的な患者の信頼を獲得し、この分野を大きく発展させることになるのではないのでしょうか。

昨今のソーシャルネットワーキングサービス（SNS）を通じた医師の情報発信や集患は正しいものばかりではなく、時に目を覆うような内容があります。誤った知識を患者に与えることは医療者として許されるものではありません。もちろん美容皮膚科の診療は、知識がなくても小手先のテクニックと話術さえあればなんとかなる部分もあります。ただ医師としては、美容皮膚科学の基礎知識を最低限は有し、患者を正しい方向へとリードしていくことが重要と考えます。しかし、それには学ぶべき医学書に物足りなさを感じるのも事実です。

そこで本巻は、美容皮膚科学分野で不足しがちな基礎知識を修得するために企画されました。既刊の医学書にはない深い内容で、1冊すべてが基礎知識に充てられています。タイトルを「美容皮膚科学のきほん」として、まず皮膚の構造や機能から始まり、麻酔や法律、経営など診療に必要な基礎知識を収めました。次に客観性のある診断を行ううえで必要な各種診断機器の基礎知識について解説し、そのうえで実際の治療で用いられるレーザー、IPL、高周波、超音波をはじめとしたいわゆる energy-based device、さらには薬品、各種注入材、スレッド、化粧品、再生医療に至るまでを網羅して解説しています。

執筆は美容皮膚科臨床の第一線で活躍している医師のみではなく、大学などの研究機関で基礎的研究を行っている医師や研究者、美容医療業界を支える方にもお願いしました。優秀かつ精力的な執筆陣のおかげで、美容皮膚科診療の礎となるべく充実した内容になったと自負しております。

読者の皆様の日常診療に、科学をエッセンスとして入れるよう、本巻が少しでもお役に立てれば幸いです。

2023年5月

宮田成章

みやた形成外科・皮ふクリニック院長

序論

美容皮膚科学とはなにか	宮田成章	2
-------------	------	---

1 章

美容皮膚科診療に必要な基礎知識

皮膚の構造と機能

表皮（角化と角層バリア・基底膜）	山本明美	6
真皮結合組織（皮下脂肪を含む）	茂木精一郎	14
付属器（毛・汗腺・脂腺・爪）	大日輝記	22
メラノサイト・メラニン代謝	鈴木民夫, 阿部優子	36
皮膚免疫担当細胞とアレルギー	本田哲也	46
美容皮膚科に必要な局所麻酔の知識	今川孝太郎	56
美容医療者に必要な法律の知識	青木 律	61
美容皮膚科に必要な経営の知識	田中裕太	68

2 章

美容皮膚科診断に用いられる機器とスキルの基礎知識

ダーモスコピーの基礎知識	外川八英	80
機器診断		
肌画像診断装置	黄 聖琥	96
三次元皮膚計測装置（Antera 3D [®] ）	寺田伸一	101
角層機能検査	菊地克子	109
パッチテスト	伊藤明子	116
光線テスト	川田 暁	123

3章

美容皮膚科治療に用いられる機器の基礎知識

レーザー (LASER)	河野太郎	130
IPL (Intense Pulsed Light)	根岸 圭	141
高周波 (ラジオ波, Radio Frequency : RF)	宮田成章	148
超音波	石川浩一	155
イオン導入 (イオントフォレーシス)	山田美奈	164
エレクトロポレーション	坪内利江子	170
メソセラピー	谷 祐子	178
ニードリング	川添 剛	182

4章

機器を使わない美容皮膚科治療の基礎知識

スキンケアの基礎知識	安部正敏	188
化粧品・薬用化粧品 (医薬部外品) の基礎知識	佐藤 隆	200
化粧品機能評価法ガイドライン	石河 晃	210
フィラー・ボツリヌス毒素		
フィラー	征矢野進一	219
ボツリヌス菌毒素 (BTx)	西田 真, 西田美穂	227
スレッドリフト	鈴木芳郎	232
ケミカルピーリング	山本有紀	237
外用療法	尾見徳弥	245
漢方	野本真由美	254
再生医療	吉村浩太郎	261

索引	268
----------	-----

皮膚の構造と機能

表皮 (角化と角層バリア・基底膜)

ここで伝えたいエッセンス

- 皮膚は体表面から順に、表皮、真皮、皮下組織の3つの構造から成っている。
- 表皮は深層から順に、基底層、有棘層、顆粒層、角層の4つの層から成っている。
- 表皮を構成する主な細胞は角化細胞で、細胞同士が接着構造で強固に結合している。
- 表皮の基底層にはメラノサイトが存在し、メラニン色素を産生して角化細胞に受け渡す。
- 老化すると表皮は薄く平坦化するが、角層の厚さは相対的に厚くなる。

皮膚の構造

皮膚は身体の外表面を被って外界とのバリアとして働く。皮膚を縦断面で観察すると体表側から順に表皮、真皮、皮下組織の3層構造をとってい

る(図1)。また、皮膚には毛包脂腺や汗腺という付属器が存在する。

健康な表皮

表皮は厚さ平均約0.2mmの角化重層扁平上皮であり、立体的にみると下から真皮が毛細血管を伴って表皮の中に指状に入り込んでおり(真皮乳頭)、これを囲む表皮部分を表皮稜(表皮突起)という(図1)。表皮を構成する細胞の95%は角

化細胞(ケラチノサイト)であり、残りはメラノサイト(色素細胞)やランゲルハンス細胞などから構成されている。角化細胞は表皮の最下層で分裂し、分化しながら上層へ移動する。その角化細胞の分化段階に応じて最下層は基底層、それより

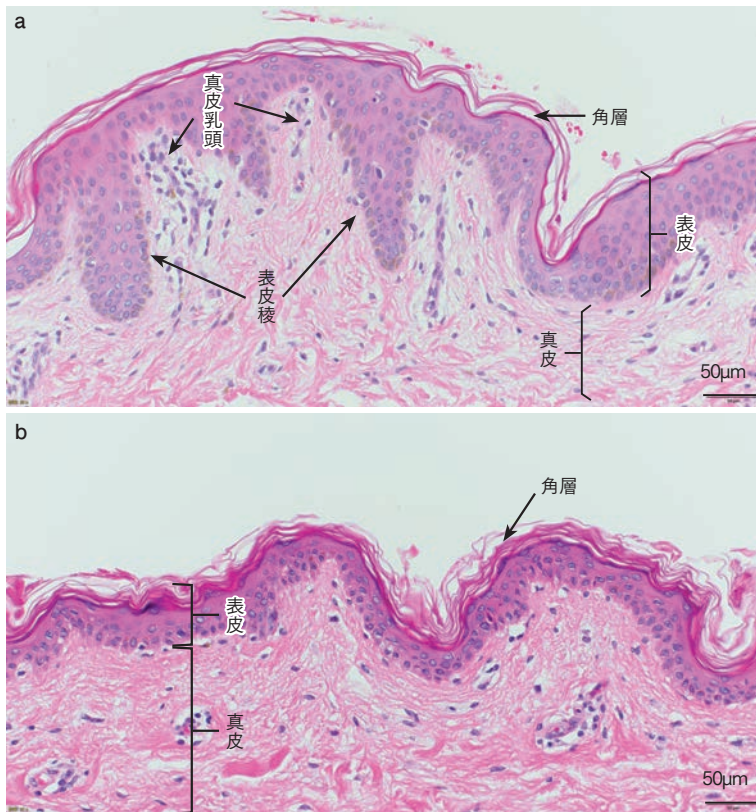


図1 表皮の組織像：10歳女児（a）、74歳女性（b）の腹部
 同じ倍率の写真であるが、高齢者の表皮では表皮稜が消失して、表皮萎縮が著明である一方、角層は若年者より多層化している（HE染色）。

上は順に有棘層、顆粒層、角層とよばれる（図2, 3）。この角化細胞の分化過程を角化という¹⁾。基底層の角化細胞が分化を始めてから角層に至って最終的に体表から脱落する（落屑）までをターンオーバー時間とよび、健康皮膚では52～75日といわれている。基底層の細胞は縦に長い形をしており、上に行くに従って横に長くなり、角層の細胞は薄い扁平な形となっている。1個の扁平な角化細胞が覆う面積の下には約25個の基底細胞が存在する。これらの細胞同士はデスモソームという細胞接着構造でつながっており、細胞内ではケラチン線維という細胞骨格がデスモソームの細胞内部分に結合している。このデスモソームは角層ではコルネオデスモソームという、より細胞同士の結合能が高い構造へと変化する。細胞内のケ

ラチン線維は基底層から顆粒層までは細胞質内にネットワーク状に張り巡らされているが、角層内ではフィラグリンという線維同士を凝集するタンパクの働きで緻密に凝集しており、電子顕微鏡的にケラチンパターンとよばれる文様を呈する。

基底層（基底細胞層）と基底膜

表皮の最下層で、1層の縦長の立方体の形をした基底細胞から成り、そのなかには自己複製能が高い幹細胞が含まれている。基底層にはメラノサイトも存在し、その樹状突起からメラノソームが角化細胞内に取り込まれる。表皮内でのメラニンの分布は基底層に多く含まれているが、とくに基

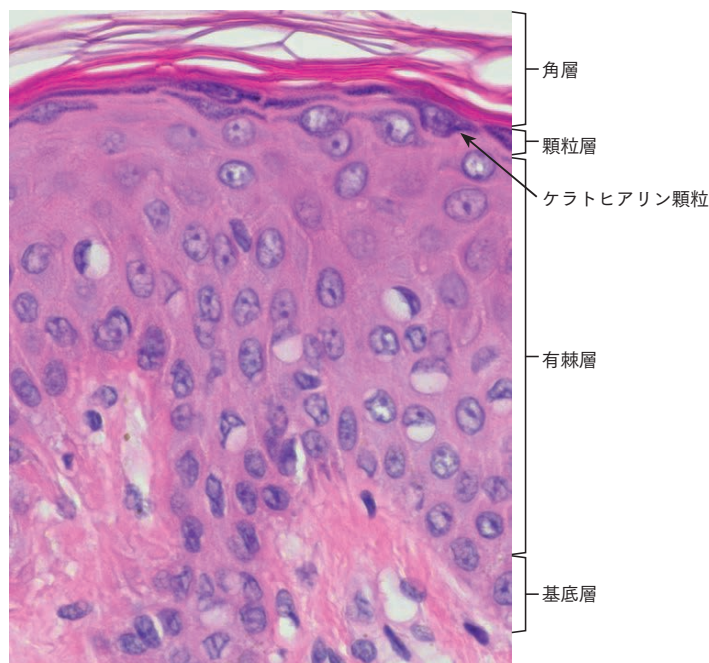


図2 表皮の強拡大像：20歳女性の腹部

矢印がケラトヒアリン顆粒。角層は最深部を除いて、細胞同士が辺縁のみでつながっており、全体として網目構造を呈している（HE染色）。

底細胞の核の上にはしばしば多数のメラノソームが集合し、メラニンキャップとよばれている（図4）。これは、核内のDNAを紫外線によるダメージから守るための仕組みと考えられている。最近このメラニンキャップができる仕組みや、その後、なぜ基底層より上層ではこれがみられないのかが少し明らかになってきた²⁾。それによると、メラニンが核の上に運ばれるためには、細胞内のアクチン線維、微小管、中心体、中心小体衛星が関与しているという。また、基底細胞が上下2つの細胞に分裂する際に、メラニンキャップは細胞の下極に集められてから分裂するため、基底層に残るほうの娘細胞に受け渡され、有棘層に移動する娘細胞には少数のメラノソームしか移行しないことで、表皮内のメラニンの分布が基底層主体に維持されることがわかった。

基底層と真皮の境界面を基底膜とよぶが、正常皮膚のヘマトキシリンエオジン（HE）染色標本

では判然としないが、PAS染色では赤紫色に染まる細い線として観察できる（図5）。この基底膜の実態は、基底細胞の下に存在するIV型コラーゲンを主成分とする基底板とその上下に存在する、基底層と真皮の結合に関与する複数の構造・分子である（図6）。その主要な構造がヘミデスモソームで、後述するように細胞の分裂・増殖能や運動能の制御に大きな役割を果たす17型コラーゲン（別名BP180）はその構成要素である^{3,4)}。

表皮基底層の細胞では、血中の表皮細胞増殖因子（epidermal growth factor：EGF）によってEGF受容体が活性化すると、TIMP1とよばれるタンパク質分解酵素の活性を阻害するタンパク質の発現が誘導され、このTIMP1によって、細胞膜にある17型コラーゲンが分解されずに細胞膜上で安定化する⁵⁾。17型コラーゲンが豊富な細胞は基底膜上に維持されて横方向に分裂するため、基底層の細胞数が維持される。また、17型コラー

レーザー (LASER)

ここで伝えたいエッセンス

- LASER（レーザー）とは Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation（放射の誘導放出による光増幅）の頭文字からできた略語である。
- レーザーの特徴は、①単色性、②可干渉性、③指向性が良い、④高輝度性である。
- レーザー媒質は大別すると、①固体、②液体、③気体、④半導体の4つであり、固有の波長を発振する。
- レーザーを発振形態で大別すると、連続発振とパルス発振（ロング〈長〉パルス、ノーマル〈通常〉パルス、短パルス）に分類される。
- 機器によっては、波長、パルス幅、フルエンス、スポットサイズ、照射密度、冷却の調整が可能である。

1917年アルベルト・アインシュタインの「放射の量子論について」がメーザーとレーザーとの理論的基礎を確立し、1953年チャールズ・タウンズが世界初のメーザーを、1960年セオドア・メイマンが最初のレーザーを開発した。レーザー

は人為的に生み出した光であり、高効率で制御しやすく、軍事、宇宙工学、通信、医療などに幅広く利用されてきたが、近年では自動運転のセンシング技術の分野でその利用が急増してきている。

レーザーの基本理論

レーザーの原理

光は電磁波の一つであり（図1）、種々の過程

で放出される。原子からの放出もその一つである。原子は、原子核とその周りを回転する電子で構成され、電子は特定のエネルギーをもつ軌道に制限される。各軌道がもつエネルギーのことをエ

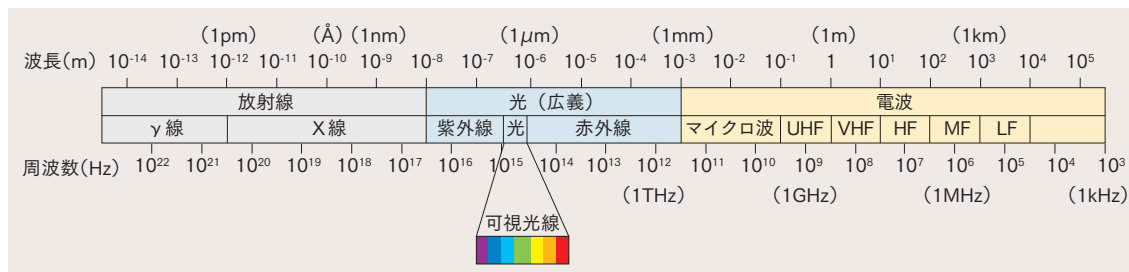


図1 電磁波の種類と波長 (周波数)

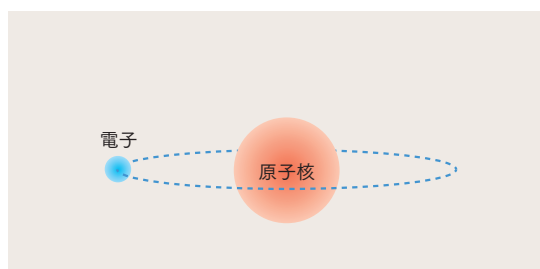


図2 基底状態

原子は、原子核とその周りを回転する電子で構成される。電子が最も安定したエネルギー準位にある状態が基底状態である。

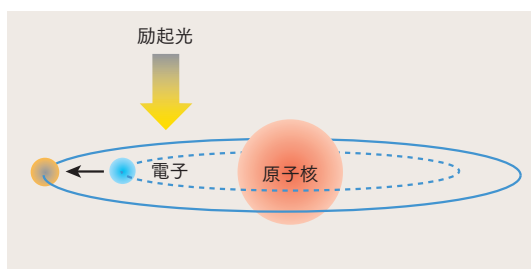


図3 励起状態

外部からのエネルギーを吸収すると、電子がいったん外側の軌道に移動する。

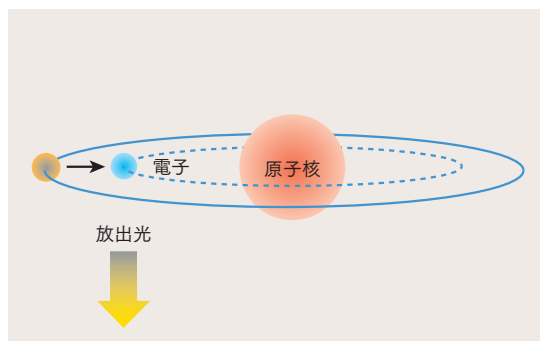


図4 自然放出

高いエネルギー状態から低いエネルギー状態に電子が遷移するときに、その差と等しいエネルギーの光を放出する。特別な外部的要因なく、自発的なエネルギー放出を自然放出とよぶ。

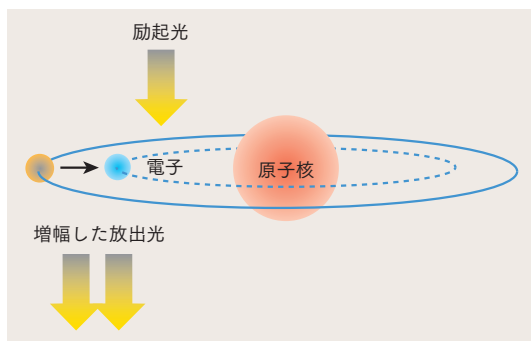


図5 誘導放出

原子に外部から光子（フォトン）が入射した場合、その原子内の電子は、入射してきた光子とエネルギー、波長、位相、進行方向の同じ光子を放出する。

エネルギー準位とよび、電子が最も安定したエネルギー準位にある状態が基底状態である（図2）。基底状態エネルギー準位から別のエネルギー準位に移ることは可能である。エネルギー準位間を移動することをエネルギー遷移といい、最も安定したエネルギー準位にある基底状態以外を励起状態

という（図3）。基底状態の次に高いエネルギー状態を第1励起状態といい、以降、順番に第2、第3励起状態という。

高いエネルギー状態から低いエネルギー状態に電子が遷移するときに、電子は励起していた準位と遷移した先の準位のエネルギー差に等しいエネ

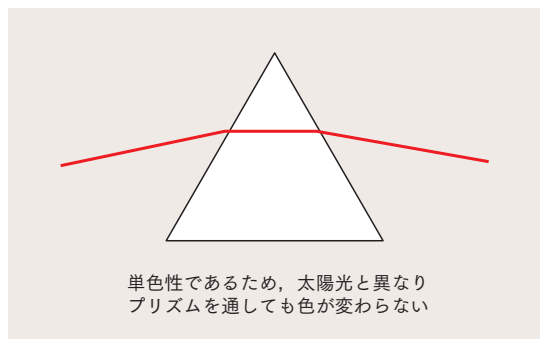


図6 LASER（レーザー）の特徴 その1 単色性

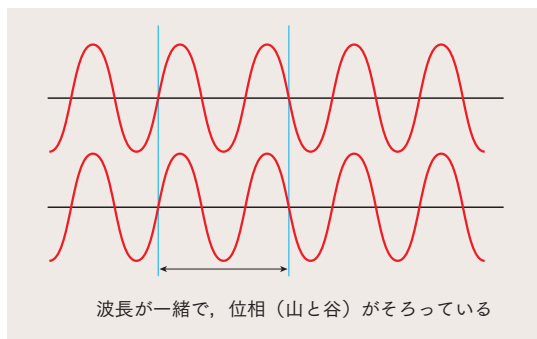


図7 LASER（レーザー）の特徴 その2 可干渉性
自然光は、光波の位相、エネルギーはランダムであり、干渉することはない。一方、レーザー光は、光波の位相、エネルギーがそろっているため、干渉性があり、重ね合わせることが可能である。

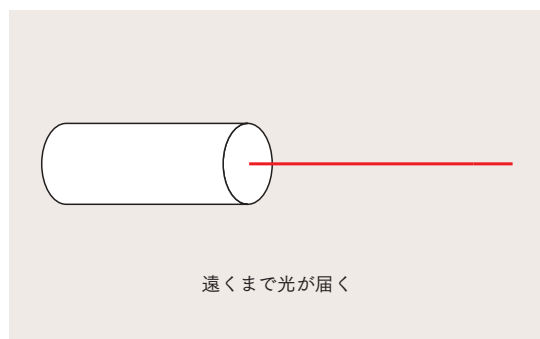


図8 LASER（レーザー）の特徴 その3 優れた指向性

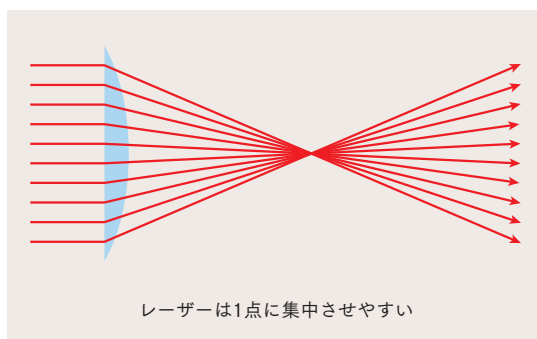


図9 LASER（レーザー）の特徴 その4 高い輝度性

ルギーの光を放出する。特別な外部的要因なく、低エネルギー準位に遷移するときの電子の自発的なエネルギー放出を自然放出とよぶ（図4）。自然放出では、放出される光は種々の波長であり広いスペクトルをもった非干渉性の放射である。一方、原子に外部から光子（フォトン）が入射した場合、その原子内の電子は、入射してきた光子とエネルギー、波長、位相、進行方向の同じ光子を放出する。つまり、入射時に1つだった光子が放射時には2つの光子になる。このような放出を誘導放出という（図5）。一方、エネルギー状態の低い準位よりも高い準位の電子密度が多いような状態を反転分布状態といい、この状態では吸収されてしまう光子の数よりも誘導放出する光子の数

が上回る。つまり、光照射やプラズマ放電、電子注入などを行うことで、電子をより高いエネルギー準位に上げること（ポンピング）により電子を反転分布状態にすれば、誘導放出した光子は、次の誘導放出の元となり、同じ現象が繰り返される。全反射ミラーと部分反射ミラーの2枚1組の反射ミラーによって光を反射往復させるこの構造を光共振器という。これが放射の誘導放出による光の増幅、Light Amplification by Stimulated Emission of Radiationである。

レーザーは、この Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation の頭文字からできた略語である。